

## A geoinformációs rendszerek alkalmazása a szennyvíziszap- elhelyezésben Balatonfüzfő térségében

FÜLE LÁSZLÓ

Veszprémi Egyetem, Környezetmérnöki és Kémiai Technológia Tanszék, Veszprém

### Bevezetés

A földrajzi információs rendszer (Geographical Information System) vagy térinformatikai rendszer a hardver, szoftver és módszerek olyan rendszere, mely segíti a komplex tervezési és irányítási feladatok megoldására szolgáló térbeli adatok gyűjtését, kezelését, feldolgozását, elemzését, modellezését és megjelenítését (MÁRKUS, 1994a,b). Ezáltal egységes rendszerbe integrálja a térbeli és leíró információkat, alkalmas keretet biztosít a földrajzi adatok elemzéséhez. Minden olyan tudományban megtaláljuk alkalmazási területeit, melyben nagyszámú adatot kell feldolgozni, s az adatok közlésében kiemelt szerepe van a földrajzi helynek, térképi ábrázolásnak. Éppen ezért egyik fő gyakorlati alkalmazási területe a természeti erőforrás alapú felhasználás (pl. földtudomány, erdőgazdálkodás, környezeti hatásvizsgálat, láthatósági vizsgálat), melyek közé többek között a talajtani és környezetvédelmi vonatkozású adatok feldolgozása, térképezése is sorolható.

A Balatonfüzfő térségére kitűzött kutatási munka célja elsődlegesen a terület környezeti alapadatainak (területhasználat, földtani felépítés, talajviszonyok, domborzat, levegő és növényzet állapota) térinformatikai rendszerbe való felvétele és értékelése volt területfejlesztési szempontból. A feladat a környezet optimális kihasználása az összes környezeti elem figyelembevételével és értékelésével.

A létrehozott térinformatikai adatbázis szerves részét képezték a talajtani adatok is. E munkában a területről begyűjtött nagy méretarányú archív talajtani térképek és adatok térinformatikai feldolgozását, értékelését kívánjuk ismertetni, rámutatva arra, hogy e rendszer nemcsak az eredeti térképek reprodukálására szolgál, hanem az alapadatok alapján új információk vezethetők le a komplex döntéshozatal számára. Ezt a szennyvíziszap mezőgazdasági hasznosításának példáján szeretnénk érzékeltetni. Feladatnak tekintettük egy olyan értékelő rendszer kidolgozását, mely meglévő talajtani térképek és azok felvételi jegyzőkönyvének általános adatai alapján egy előzetes minősítést ad a talajok szenny-

víziszapból származó nehézfémekkel való terhelhetőségének mértékére. Az értékelő rendszer természetesen nem helyettesítheti a környezeti pufferkapacitás laboratóriumi meghatározását, de elősegíti az előzetes területlehatárolást, ezáltal lehetővé teszi, hogy a költséges laboratóriumi vizsgálatokat ne a vizsgált terület egészén, hanem az előzetes vizsgálat eredményeként alkalmasnak ítélt részen végezzük el.

E vizsgálat tulajdonképpen a *"soil resilience"* tárgykörébe tartozik, mely számos nemzetközi konferencia alaptémája volt. SZABOLCS (1992, 1994) meghatározása szerint e fogalom magába foglalja az összes folyamatot, mellyel a talajok tulajdonságai eredményeként ellensúlyozni tudják a stressz- és átalakító hatásokat. Tehát olyan fontos tulajdonságokat jelent, mint a talajok pufferkapacitása a kémiai, fizikai és biológiai hatásokkal szemben; valamint magába foglalja a talajok átalakíthatóságát és megújulási képességét is (SZABOLCS, 1994).

E kérdéskörbe tartozik a talajok degradációjának meghatározása, melynek legfontosabb folyamatait a közép-európai régióra VÁRALLYAY (1994) foglalta össze. A degradációs folyamatok között megkülönbözteti az eróziót, az extrém talajkémiai folyamatok kifejlődését, a fizikai degradációt és az egyéb degradációs folyamatokat. Az utóbbiak közé sorolható a mezőgazdasági, ipari és kommunális szennyeződések talajba kerülése is.

FÜLEKY (1993) szerint a talaj pufferkapacitásának meghatározása a *"soil resilience"* egyik mérőeszközeként szolgál. Ebben a talaj kémhatása, agyagtartalma, agyagásvány-összetétele, a különböző ionok adszorpciójának mértéke játszik fontos szerepet. STEFANOVITS (1988) a talajok környezetvédelmi pufferoló képességét a savas esők hatásainak elemzésére javasolta, mely szerint a környezetvédelmi pufferkapacitás a karbonátok, a humusz és az agyag környezetvédelmi pufferkapacitásának összegeként adódik. VÁRALLYAY et al. (1993) a magyarországi talajokat a savasodásra való hajlamosság szerint osztályozta és 1:100 000-es méretarányban mutatta be. A kategóriák elkülönítéséhez a talajjellemzők közül a talajképző kőzetet, a talaj kémhatását és mészállapotát, fizikai féleségét, szervesanyag-készletét és a termőréteg vastagságát vette figyelembe. TAMÁS (1995) a környezeti pufferkapacitás változását vizsgálta szennyvíziszappal terhelt talajokon. Rámutatott, hogy a szennyvíziszap-kihelyezési vizsgálatokban a talajok nehézfémekkel való terhelhetőségének mértékét azok pufferoló képességének figyelembevételével kell megállapítani. A nehézfémek megkötésében fontos szerepet játszik többek között a humusz mennyisége és minősége (HARGITAI, 1981), az agyagásványok mennyisége és összetétele (STEFANOVITS, 1988). A nehézfémek mobilizálására a talajok kémhatása is jelentős hatással van, általában a 6,5-nél kisebb pH-t veszik legtöbb országban kockázatkövető értéknek (US EPA, 1983; WOLFBAUER et al., 1993a,b).

WOLFBAUER et al. (1993a,b) a talajok azon tulajdonságait vizsgálták, melyek a talajra kerülő szennyvíziszap nehézfém-frakciójának mobilizációját megakadályozzák. E tulajdonságokból közelítették a nehézfémek mobilizációs lehetőségét, a relatív megkötést és a talajvíz veszélyeztetését. Munkájukban a talajok érzékenységét a szennyvíziszap nehézfém-frakciójával szemben értel-

mezték, mely szóhasználatot e tanulmányban is követünk. Feladatként két modellterületre (Machland, Eferdingi-medence) a szennyvíziszap-elhelyezés szempontjából érzékenységi vizsgálatot végeztek, melyben a szennyvíziszap hasznosítására vonatkozó osztrák kormányrendeleteket alkalmazták. Létrehoztak egy talajtani térinformatikai adatbázist. Számítógépes programok segítségével olyan területeket határoltak le, ahol a törvényben engedélyezett mennyiségben a szennyvíziszap mezőgazdasági hasznosítása javasolható.

A szennyvíziszapból származó nehézfém mobilizálódását gátló talajjellemzők osztályozásával kíséreltünk meg egy olyan értékelő rendszert kidolgozni, melynek alkalmazása a rendelkezésre álló talajtani térképek alapján térinformatikai műveletekkel a szennyvíziszap kihelyezésére előzetesen alkalmas területeket jelöli ki (FÜLE, 1995). Az Ausztriában sikeresen alkalmazott módszer eredményeit felhasználva kísérelte meg ez a munka az osztrák modellt alkalmazni egy magyar mintaterületen, a Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézet által feltérképezett talajadottságok ismeretében. Az értékelést az ARC/INFO 7.0.3 térinformatikai rendszer igénybevételével oldottuk meg.

### Az értékelési módszer kidolgozása, a GIS-adatbázis létrehozása

A földrajzi információs rendszerek fő adatforrásai a térképek, maga a térinformatika is az automatizált térképészet fejlődésével alakult ki. A talajadottságok elemzésével foglalkozó felhasználó is már meglévő talajtérképekről vehet le információkat, azzal a céllal, hogy megjelenítse a számítógép képernyőjén, alapadatként alkalmazza további elemzésekhez.

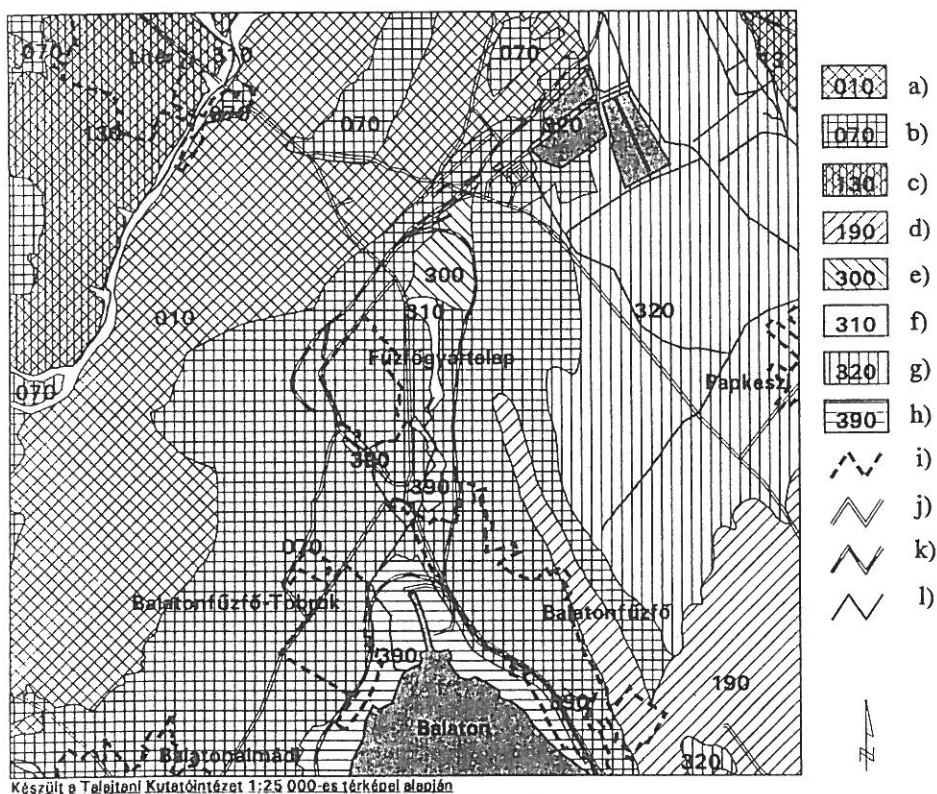
A vizsgált terület talajadottságainak megismerésére alapinformációként a MÉM Országos Földügyi Hivatal által kiadott 1:100 000-es agrotopográfiai térképet használtuk. E térkép méretaránya miatt azonban csak a talajtípusok általános jellemzésére volt alkalmazható, a vizsgált területen így csak néhány talajfolt különült el.

A részletesebb feldolgozáshoz nagyobb méretarányú térképre, s a hozzá kapcsolódó adatokra volt szükség, melyhez a Kreybig-féle feldolgozásból származó térképeket és jegyzőkönyveit (TEÖREÖK, 1941a,b) alkalmaztuk. Az archív talajvizsgálati jegyzőkönyvekből és laboratóriumi eredményekből a legfontosabb paraméterek adatait dolgoztuk fel. A vizsgált területen 35-féle homogénnek ítélt talajfoltot térképeztek fel, melynek legfontosabb jellemzőit (vastagság, humuszréteg vastagsága, humusztartalom, fizikai féleség, pH, mésztartalom, talajvíz szintje, időszakos vízborítás) kellett a térinformatikai adatbázisba felvenni.

A térkép grafikus elemeinek a térinformatikai adatbázisba történő felvétele *digitalizálás* útján történt, melyben alapvető problémaként merült fel az alap-térképként használt topográfiai, ill. tematikus térképek eltérő vetületi rendszere. A térinformatikai rendszer azonban az azonosítópontok használatával kiküszöbölte e problémát (Understanding GIS, 1990; ARC/INFO Command..., 1990).

A grafikus adatok felvétele után a program elvégezte a *topológia felépítését*, tárolta a vonalak metszéspontjait, hosszát, poligonok esetén szomszédsági kapcsolatokat, határoló vonalakat, terület, terület adatait, az objektumokat azonosítókkal látta el. Ezzel a grafikus elemekhez egy adatbázis kapcsolódott, mely tartalmazta az objektumok információit. Ehhez igény szerint további mezőket és adatokat (attribútumok) csatoltunk, melyek jelen esetben a talaj típusát, vastagságát, humuszréteg vastagságát, humusztartalmat, fizikai féleséget, kémhatást, mésztartalmat és a talajvíz mélységét jelentette.

A grafikus és táblázatos adatok összekapcsolásával, a térinformatikai adatbázis létrehozásával alkalmunk nyílt az eredmények gyors ellenőrzésére, lekérdezésére, megjelenítésére (1. ábra), elemzések elvégzésére. A talajtani térinformatikai adatbázis létrehozása nem csupán rekonstrukciója volt az eredeti talaj-



1. ábra

Balatonfűzfő környékének talajtérképe (TEÖREÖK, 1941 nyomán). a) Köves, sziklás váztalaj, b) rendzina, c) Ramann-féle barna erdőtalaj, d) mészlepedékes csernozjom, e) réti talaj, f) öntés réti talaj, g) lápos réti talaj, h) humuszos öntéstalaj, i) település-határ, j) úthálózat, k) vasút, l) vízfolyások

térképnek, hanem lehetővé tette, hogy a felvett adatokat tovább elemezzük és az eredeti egyetlen térképpel szemben az egyes talajjellemzőkről külön-külön önálló térképeket hozzunk létre (pl. humuszréteg vastagság, fizikai féleség).

A talajtani térinformatikai alapadatbázis létrehozása után sor kerülhetett az adatbázis alkalmazására, a szennyvíziszap-hasznosítási vizsgálat elvégzésére. Ehhez először ki kellett dolgozni egy több kritériumos értékelő rendszert, mely az ismert talajjellemzők alapján becsüli a területen lévő talajok érzékenységét a nehézfémekkel szemben. Hasonló módszer térinformatikai alkalmazására példaként szolgált WOLFBauer et al. (1993a,b) munkája, kik a szennyvíziszapok nehézfém-tartalmának mobilizációs lehetőségeit általános talajjellemzők alapján kidolgozott kétlépcsős értékelő rendszerrel vizsgálták (1. táblázat). Az alkalmazott értékelő rendszer Ausztriában előzetesen bevált, jogszabály szerint alkalmazták a szennyvíziszap elhelyezésében. A becsléshez külön szoftvert is kifejlesztettek, mely az értékelést a betáplált adatokon automatikusan végezte. A vizsgálat első lépcsőjében ún. kizáró paramétereket alkalmaztak, mivel egyes tulajdonságok megléte (pl. időszakos vízborítás, árvízveszély, erózió) már eleve érzékenynek minősíti az adott talajelfordulás területét.

A második lépcsőben csak azokat a területeket értékelték, melyeknél nem létezett kizáró paraméter. Ebben a fázisban a talajok kilenc tulajdonságát vették figyelembe (pH, fizikai féleség, szervesanyag-tartalom, vízáteresztő képesség, talajvíz mélysége, meredekség, erózió-veszélyeztetettség, vízviszonyok, melioráció) paraméterenként 0-2 pontig pontozva (meliorációnál 0-1 pont), nehezen eldönthető esetben 0,5 pontos átmenetekkel. Így a maximális pontérték az értékelő rendszerben 17 pont, mely egyben a szennyvíziszap nehézfém-tartalmával szemben legtoleránsabb talajt mutatta.

A kétlépcsős értékelés alapján *négy talajérzékenységi fokozat* különült el:

- *Kizáró paraméter alapján érzékeny talaj*, a pontszámtól függetlenül értékelve. A talaj már akkor is érzékenynek minősült, ha egyetlen ilyen tényező fennállt. A kizáró paraméterek használatát az az elgondolás indokolta, hogy a kihelyezett szennyvíziszap ne veszélyeztesse sem a felszíni, sem a felszín alatti vizeket. Ebben kiemelt szerepe van a felszínhez közeli talajvíznek, a jó vízáteresztő képességnek, árvízveszélyességnek, felszíni lemosódásnak, erősen lejtős térszínnek.

Kizáró paraméterek: 1. Nedves, változóan nedves, ill. túlnyomórészt nedves fázisú talajok; 2. erősen árvízveszélyes terület; 3. nagy vízáteresztő képességű talajok, szelvényükben összeköttetésben a vízzel; 4. erősen lejtős (16-20 °), ill. meredek (> 20 °) térszín.

- *Érzékeny talaj*, mely az értékelő rendszerben 9,5, vagy annál kevesebb pontot ért el.

- *Közepesen érzékeny talaj*, mely az értékelő rendszerben 10-12 pontot ért el.

- *Messzemenőleg toleráns talaj*, mely az értékelő rendszerben 12,5 vagy annál több pontot ért el.

1. táblázat  
A talajok nehézfémekkel szembeni érzékenységet meghatározó talajjellemzők értékelése  
(WOLFBAUER et al., 1993)

(1) Paraméter	(2) Értékelés		
	0	1	2
pH	erősen savas, savas 4,5-5,5	gyengén savas 5,6-6,5	semleges, alkáli, erősen alkáli 6,6-8,0
a) Fizikai féleség 50 cm mélységig	homok, vályogos homok, könnyű agyagos homok, homokos vályog, vályog	agyagos homok, homokos könnyű agyag, könnyű agyagos vályog	homokos nehéz agyag, könnyű agyag, nehéz agyag
b) Szervesanyag-tartalom 30 cm mélységig <i>Döntési segédlet:</i> 1. Ha a humuszréteg 15 cm-nél vékonyabb (pl. 10-15 cm), akkor 0,5 pont. 2. 30 cm-nél vastagabb, erősen humusztól közepesen humuszosig = 2 pont; 30 cm-nél vastagabb, közepesen humusztól gyengén humuszosig = 1 pont. 3. Ha a talaj 20 cm-ig erősen humuszos, alatta gyengén humuszos = 2 pont; ha 20 cm-ig közepesen humuszos, alatta gyengén humuszos = 1 pont. 4. Savas és erősen savas talajoknál 0 pont.	gyengén humuszos < 1,5 % szerves anyag	közepesen humuszos 1,5-4,0 % szerves anyag	erősen humuszos > 4,0 % szerves anyag
c) Vízáteresztő képesség Száras területen (< 700 mm) Nedves területen (> 700 mm)	nagyon nagy	nagy	közepes, kis
	nagyon nagy, nagy	közepes	kis, nagyon kicsi



1. táblázat folytatása

(1) Paraméter	(2) Értékelés		
	0	1	2
d) Talajvíz mélysége	szelvényben < 1,5 m	már nem a szelvényben 1,5-5 m	nagyobb mélységben > 5 m
e) Meredekség	meredek 11-15 °	enyhén meredek 6-10 °	sík vagy enyhén lejtős 0-5 °
f) Erózió-veszélyeztetettség <i>Döntési segédlet:</i> 1. Helyenként közepesen veszélyeztetett = 1,5 pont. 2. Általában nem veszélyeztetett = 2 pont. 3. Csak katasztrofálisan magas árvíznél veszélyeztetett = 1 pont.	erősen veszélyeztetett	közepesen veszélyeztetett	nem veszélyeztetett
g) Vízügyviszonyok <i>Döntési segédlet:</i> 1. Közepesen nedves, helyenként nedves = 0,5 pont. 2. Jól ellátott-tól nedvesig = 0,5 pont.	extrém kifejlődésben változókéony	közepesen nedves, talajvízzel jól ellátott, változókéony, de túlnyomórészt száraz, mérsékelten változókéony, változókéony, száraz, nagyon száraz	Jól ellátott, mérsékelten száraz (talajvíz nélkül)
h) Melioráció	részben víztelenített	nem víztelenített	-
i) átlagpont = 0,5 pont j) részben = 0,5 pont k) pontmaximum = 17			

Az értékelő rendszert a térinformatikai adatbázisban felvett terület talajaira alkalmazva és az érzékenységi fokozatokat eltérő színekkel ábrázolva talaj-érzékenységi térképeket szerkesztettek a mintaterületekre (Machland, Eferding-medence). A "messzemenőleg toleráns talajokat" a törvényben előírt mennyiségű szennyvíziszap kihelyezésére alkalmasnak ítélték, míg a "közepesen érzékeny talajokra" csak kisebb mennyiségű és víztelenített szennyvíziszap kihelyezését javasolták. A térképen az érzékenységi fokozatokon kívül ábrázolták a védendő objektumok (pl. települések, vízkivételi helyek) védőövezeteit is.

A következőkben azt vizsgáltuk meg, hogy a bemutatott értékelés mennyire alkalmazható Magyarországon, magyar talajtani adatokra, az osztrák példához hasonlóan ugyancsak egy térinformatikai adatbázis és annak térbeli elemzési lehetőségeit kihasználva. Meg kellett állapítani, hogy az értékelő rendszer maradt-e talánul nem adaptálható, mivel a természeti adottságok és a vizsgálati módszerek a két országban különbözőek. Éppen ezért egyes paraméterek (pl. nedvességi viszonyok, melioráció, erózió-veszélyeztetettség) a magyar adatok között nem szerepeltek, más adatoknál (pl. pH, fizikai talajféleség, vízáteresztő képesség, meredekség) pedig másféle kategóriák és intervallum-határok voltak használatosak. A magyar adatok szerint viszont a talaj teljes vastagsága és a humuszréteg vastagsága jobban elkülöníthető volt. A talajvíz mélységi adatait is a magyar leírásból olvashattuk ki.

Mindezeket figyelembe véve és az osztrák modell tapasztalatait felhasználva egy új, szintén kétlépcsős értékelő rendszert dolgoztunk ki (2. táblázat), mely szerint a Kreybig-féle térképezés alapadatai felhasználásával Balatonfüzfő talajainak szennyvíziszapok nehézfém-tartalmával szembeni érzékenysége értékelhetővé vált. Az első lépcsőben kizáró paramétereket alkalmaztunk. A második lépcsőben értékelt talajjellemzők ponthatárait (talajvastagság, humuszréteg vastagsága, humuszréteg szervesanyag-tartalma, fizikai féleség, vízáteresztő képesség, pH, talajvíz mélysége, meredekség) részben az agrotopográfiai térkép jelkulcsa és a magyar osztályozás (STEFANOVITS, 1981; BARANYAI et al., 1988), részben az osztrák modell szerint állapítottuk meg. A vízáteresztő képességet a talajok fizikai féleségéből becsültük.

Az értékelés szempontjai az alábbiak voltak:

- A talajra kihelyezett szennyvíziszap lehetőleg ne mosódjon le a területről (lejtésvizonyok figyelembevétele).
- A talajra kihelyezett szennyvíziszap nehézfém-tartalma lehetőleg minél kevésbé mobilizálódjon (pH figyelembevétele).
- Az esetlegesen mobilizálódott nehézfémek mennyire adszorbeálódhatnak a talajokban lévő humuszban és agyagásványokon (a humusz vastagságának, szervesanyag-tartalmának és a fizikai féleségnek figyelembevétele).
- Az esetlegesen mobilizálódott nehézfémek mennyire veszélyeztetik a talajvizet (talajvastagság, vízáteresztő képesség, talajvíz mélységének figyelembevétele).



2. táblázat  
A magyar talajtani adatokra kidolgozott értékelő rendszer

(1) Paraméter	(2) Értékelés		
	0	1	2
a) Vastagság	0-60 cm	60-100 cm	> 100 cm
b) A humuszcéteg vastagsága	0-40 cm	40-70 cm	> 70 cm
c) A humuszcéteg szervesanyag-tartalma	h) gyengén humuszos < 1,5 % humusz	i) közepesen humuszos 1,5-4,0 %	j) erősen humuszos > 4,0 % humusz
d) Fizikai féleség	k) durva törmelékcs vályog	l) vályog	m) agyagos vályog, agyag
e) Vízáteresztő képesség	n) jó vízáteresztő	o) közepesen vízáteresztő	p) kis mértékben vízáteresztő
pH	4,5-5,5	5,5-6,8	> 6,8
f) Talajvíz mélysége	r) a szelvényben < 1,5 m	s) nincs a szelvényben 1,5-5 m	t) nagyobb mélységben > 5 m
g) Meredekség	u) meredek 11-15 %	v) enyhén meredek 5,5-11 %	x) sík vagy gyengén lejtős 0-5,5 %
	y) átmélet = 0,5 pont z) pontmaximum = 16		

Minden paramétert 0-2 pontig becsültünk, így a maximális érték 16 pont lett, mely a legkevésbé érzékeny talajt jellemzi. A nehezen eldönthető átmene-  
teket 0,5 pontok használatával oldottuk meg.

Az értékelő rendszer alapján négy érzékenységi fokozat különült el:

- *Kizáró paraméter alapján érzékeny talaj*, a pontszámától függetlenül értékelve. A talaj már akkor is érzékenynek minősült, ha egyetlen ilyen tényező fennállt. A kizáró paraméterek alkalmazását a talajvíz kiemelt veszélyeztetése és az erős felszíni lemosódás lehetősége indokolta. Az árvíz-veszélyeztetettség a mintaterületen nem állt fenn, ezért nem is használtuk. Kizáró paraméterek:

1. Magas talajvízállás, a felszín időszakosan vízzel borított.
2. A teljes talajvastagság kisebb mint 40 cm.
3. Jó vízáteresztő talajok, sok durva törmelékkel.
4. Erősen lejtős (> 33 %) térszín.

Értékelésünk szerint a szennyvíziszap nehézfém tartalmával szemben:

- *Érzékeny talaj*, mely az értékelő rendszerben 8 vagy annál kevesebb pontot ért el.
- *Közepesen érzékeny talaj*, mely az értékelő rendszerben 8,5-11,5 pontot ért el.
- *Kevésbé érzékeny talaj*, mely az értékelő rendszerben 12 vagy annál több pontot ért el.

Az osztrák értékeléssel összehasonlítva (1. és 2. táblázat) nem alkalmaztuk a "messzemenőleg toleráns" kategóriát, mivel ezt az értékelő rendszert nem támasztják alá kémiai kísérletek, amelyek a szennyvíziszap-hasznosítási alkalmazást igazolnák. Az értékelési sémát természetesen megfelelő kritikával kell fogadni, hiszen a nehézfémekkel szembeni érzékenység megközelítése általános talajjellemzők alapján vitatható. Úgy gondoljuk, hasonló értékelő rendszerek alkalmazása és összehasonlítása a laboratóriumi eredményekkel, elősegítheti a jó megoldásokat. E munkában az elsődleges cél a térinformatikai adatbázis alkalmazhatóságának a bemutatása volt.

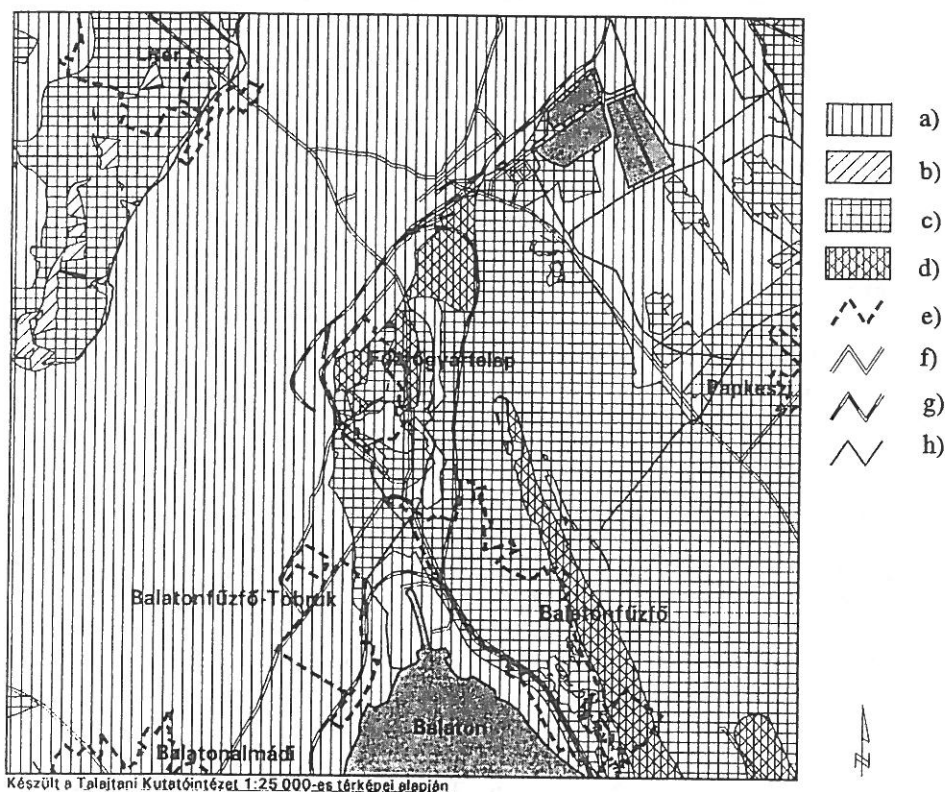
Az értékelő rendszer létrehozása után következett az *értékelés érvényesítése a GIS-rendszer segítségével*. A talajjellemzők többsége a talajtérképről és a talajfelvételi jegyzőkönyvekből kiolvasható volt, a lejtésvizonyok meghatározásához a térinformatikai rendszer felületmodellezési opcióit használtuk ki (ARC/INFO User's Guide, 1991). A 10 000-es méretarányú topográfiai térképről bedigitalizált fűszintvonalakból az ARC/INFO szoftver TIN-modulja (Triangulated Irregular Network) segítségével perspektivikus felületet vezettünk le, mely szabálytalan háromszöghálóból állt. Mivel a rendszer minden egyes háromszög csúcsainak xyz koordinátáit, dőlését, lejtésszögét tárolta, a megfelelő értékeket csoportosítottuk, s így megszerkesztettük az ún. *lejtőkategória térképet*, melyen lejtés %-ban kifejezett intervallumokként ábrázoltuk a területeket.

A térinformatikai adatbázis jelentősége tulajdonképpen abból adódik, hogy a különböző tematikájú és akár eltérő méretarányú térképeket rétegenként, szendvicshez hasonlóan egymásra vetítjük és komplexen vizsgáljuk, egy adott helyre vonatkozóan az összes rétegről lekérdezhettük a betáplált információt. E műveleteket összefoglalóan *átlapolásnak* (overlay) nevezzük. E munkában az értékelő rendszer érvényesítéséhez volt szükség az átlapolásokra.

Az átlapolási műveletek lehetősége a GIS-rendszerekbe beépített, a különféle rendszerek más-más matematikai és számítástechnikai műveleteket alkalmaznak megvalósításukra. A legfontosabb átlapolási műveletek: az egyesítés, közös rész képzése, védősáv létrehozása, kiválasztással új rétegbe sorolás, kivágás, határok feloldása, szelvények összekapcsolása, részekre vágása. Bármelyik műveletre találunk példákat a talajtani adatok feldolgozása során is.

A kiválasztási és határfeloldási opciókat használtuk ki a lejtőkategória térkép levezetésénél, az egyesítési műveletet pedig a talajtérkép és a lejtőkategória térkép kombinációjához. Az egyesítéssel létrejött terület egységekre elvégeztük az értékelést, ami tulajdonképpen a 2. táblázat érvényesítését jelentette.

Az értékelés elvégzése után az azonos érzékenységek közötti határokat feloldottuk és az eredményeket négy kategóriával jelenítettük meg (2. ábra). Az értékelés eredményeként a terület legnagyobb része már a kizáró paraméterek



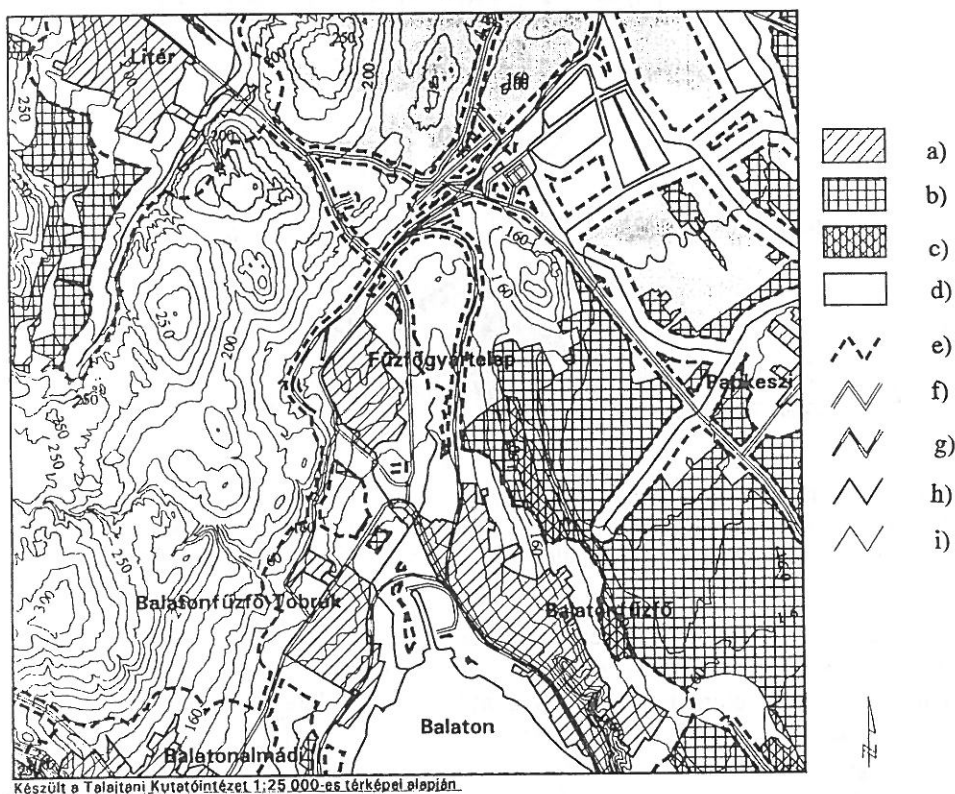
2. ábra

Balatonfűzfő térségének talajérzékenysége a nehézfémekkel szemben. a) Érzékeny - kizáró paraméter alapján, b) érzékeny - több kritérium alapján, c) közepesen érzékeny, d) kevésbé érzékeny, e) településhatár, f) úthálózat, g) vasút, h) vízfolyások

valamelyike szerint a nehézfémekkel szemben "érzékeny"-nek minősült, ami előre várható is volt a nagy területen előforduló rendzinák és a magas talajvíz-állású területek jelenléte miatt. Viszonylag kis területen volt jellemző, hogy csak az alacsony pontszám miatt lett "érzékeny" a terület, itt a gyenge talaj-adottságok mellett a meredekségi viszonyok voltak meghatározóak. "Közepesen érzékeny"-nek adódott a főleg csernozjommal és barnafölddel borított terület, míg ezek agyagosabb, nagyobb vastagságú és nagyobb szervesanyag-tartalmú foltjai "kevésbé érzékeny"-ek.

### Az értékelés gyakorlati felhasználása a szennyvíziszap-hasznosításban

Az előbbieken utaltunk arra, hogy a balatonfűzfői területre kidolgozott talajérzékenységi modellt nem támasztják alá a szennyvíziszap nehézfémtartalmának adszorpcióját igazoló valódi kémiai vizsgálatok, míg az osztrák modell ellenőrzésére történtek igazoló kísérletek. Ezért a bemutatott talajérzékenységi térkép közvetlen felhasználása a szennyvíziszap-hasznosításban nem megalapozott. Ezt a jelkulcsi nevezéktanban is igyekeztünk feltüntetni, hisz az eredeti osztrák modellben ismertett "messzemenőleg toleráns" elnevezés helyett a "kevésbé érzékeny" kategóriát alkalmaztuk. A térkép alapján azért elkülöníthetők olyan területek (a "közepesen érzékeny" és a "kevésbé érzékeny" foltok), melyeken a szennyvíziszap-hasznosítás a jövőben - további laboratóriumi vizsgálatok után - esetleg csökkentett mennyiségben megvalósítható. A becslési módszer tehát az előzetes tervekhez ajánlott és alkalmazható.



3. ábra

A szennyvíziszap-hasznosítási vizsgálat eredménye Balatonfűzfő térségében  
 a) Település, b) közepesen érzékeny talaj, c) kevésbé érzékeny talaj, d) szántó-, füves terület, e) védőzóna, f) úthálózat, g) vasút, h) vízfolyások, i) szintvonalak

Nem szabad az 'alkalmas' területek értékelésekor azt sem figyelmen kívül hagyni, hogy egyes területek a más jellegű földhasználat (lakóterület, üdülőkörzet stb.) miatt eleve kizárják a további értékelést. Itt játszanak szerepet a védőövezetek, melyekkel a védendő objektumok köré meghatározott távolságban védőzónát generálunk, mintegy kitakarjuk az értékelhető területek közül. Példaként itt a településeknél 200 m-t, a felszíni vizeknél 100 m-t, az út- és vasúthálózatnál 50-50 m-t alkalmaztunk.

A szennyvíziszap-hasznosítási vizsgálat végeredményét a 3. ábrán összesítettük, melyen az érzékenységi vizsgálat eredményét a területhasználati és a domborzati viszonyokkal vetettük össze. A térképen ábrázoltuk a szántó- ill. füves területek védősávba nem eső foltjait, melyeken a szennyvíziszap-kihelyezés egyáltalán szóba kerülhet. Felületi sraffozással ábrázoltuk a szántó- és füves területre eső 'megfelelő' érzékenyséű ('közepesen' ill. 'kevésbé érzékeny') talajfelületeket. Látható, hogy Balatonfüzfő környékén viszonylag kis szántóterület helyezkedik el, melyen értékelésünk szerint a nehézfémekkel szemben 'közepesen érzékeny' talaj található, ezért a szennyvíziszap hasznosítása már az előzetes értékelés szerint is csak korlátozott mértékben javasolható. Az ebből a szempontból előnyösebb 'kevésbé érzékeny' talajfoltok nagy része védőövezetre vagy erdőre esik. A szántóföldi kihelyezés a Balaton felé irányuló lejtők, a közeli felszíni víz, üdülőkörzet miatt egyébként sem javasolható.

Az elvégzett értékelés a negatív eredmények ellenére is rávilágít az archív talajtani adatok környezetvédelmi célú felhasználási lehetőségeire, a több tényező együttes figyelembevételét preferáló értékelő rendszerek alkalmazására, a térinformatikai adatbázis és térbeli elemzés hasznosságára.

### Az eredmények értékelése, következtetések

E tanulmányban egy szennyvíziszap-hasznosítási témán mutattuk be a térinformatika talajtani alkalmazhatóságát az adatbevitel, feldolgozás, térbeli elemzés és értékelés folyamatában. A Magyarországon is egyre gyakoribb GIS-konferenciákon térinformatikai eszközök, programok termékbemutatóin az érdeklődők kitűnő feldolgozásokat, óriási adatbázisokat, csodálatos minőségű térképeket bámulhatnak meg külföldi, főleg amerikai mintapéldákon. Óhatatlanul felmerül a kétely, hogy vajon ezek a valójában költséges rendszerek a hazai alapinformációkra, adatokra, térképekre alkalmazhatók-e hasonló minőségben. Ezen indíttatásból igyekeztünk magyar példán illusztrálni a térinformatika lehetőségeit. Általánosan ismert, hogy a térinformatika, a számítógép használata javítja a megjelenítés minőségét és gyorsaságát, de hiba lenne csupán a megjelenítés eszközének tekinteni. Elsősorban olyan komplex értékelésekben, döntésekben célszerű a használata, melyben az információkat több térképről szerezzük be és az eredmények közlése is térképsorozattal történik, rengeteg adat kiértékelése útján.

A vizsgálat alapján levont néhány általános következtetés:

- A környezetvédelmi feladatok, köztük a szennyvíziszap-hasznosítás komplex döntést igényel, ahol meg kell vizsgálni a talajok több jellemzőjét, valamint kapcsolatát más környezeti elemekkel, melyekre a több kritériumot figyelembe vevő értékelő rendszerek alkalmasak.

- Az értékelő rendszerben azokat a jellemzőket kell a megfelelő súllyal figyelembe venni, melyek a vizsgálat szempontjából nagyobb jelentőséggel bírnak. Jelen esetben a nehézfémek mobilizációjával és migrációjával szemben fellépő legfontosabb tulajdonságokat vizsgáltuk.

- A külföldi modellek nem vehetők át maradéktalanul és változtatás nélkül az eltérő természetes adottságok és vizsgálati módszerek miatt, viszont e modellek tapasztalatait felhasználva új értékelő rendszerek dolgozhatók ki a magyar talajadottságokra.

- Az értékelő rendszerek használatát elősegíti egy új számítógépes hardver, szoftver és módszerek rendszere, a földrajzi információs rendszer, vagy más néven térinformatika.

- A komplex döntések megkövetelik, hogy a különböző tudományágak információt egybevevünk és egységesen kezeljük, ezért érdemes lenne olyan szabványokat, irányelveket kidolgozni, melyek rögzítik az egyes tudományok archív adatainak GIS-feldolgozási szempontjait. Így a létrehozott adatbázisok kevésbé örökölnék és konzerválnák az archív térképek tematikai hibáit és pontatlanságait.

- A magyar adottságokra és adatokra alkalmazott modellt példázza a Balatonfüzfő területére végzett értékelés, melyben rámutattunk arra, hogy szükség van szakmailag megalapozott értékelő rendszerek kidolgozására, melyeket alkalmazva a talajtani adottságok megfelelő súllyal szerepelhetnek a döntéshozatalban, környezeti adatbázisokban. Bár az értékelő rendszer érvényessége felülvizsgálatra szorul, mindenesetre a térinformatikai rendszer talajtani alkalmazhatóságára megfelelő próba.

## Irodalom

- ARC/INFO Command References, 1990. Environmental Systems Research Institute, Inc. Redlands, CA, USA.
- ARC/INFO User's Guide, 1991. Surface Modeling with TIN. Environmental Systems Research Institute, Inc., Redlands, CA, USA.
- BARANYAI F. et al., 1989. Útmutató a nagyméretarányú országos talajtérképezés végrehajtásához. Agroiinform. Budapest.
- FÜLE, L., 1995. Umweltbewertung der Region Balatonfüzfő mit Hilfe des geographischen Informationssystems. Bodenempfindlichkeit. Ergänzung zum Bericht 1994. Bericht über das Studium am Institut für Technische Ökosystemanalyse. Montanuniversität Leoben, Österreich. 1-14.
- FÜLEKY, GY., 1993. Soil buffering capacity - A measure of soil resilience. Agrokémia és Talajtan. 42. 16-22.



- HARGITAI L., 1981. A talajok környezetvédelmi kapacitásának meghatározása humuszállapotuk alapján. *Agrokémia és Talajtan*. 32. 360-364.
- Magyarország 1:10 000-es topográfiai térképsorozata, 1983-1984. 43-222 Balatonalmádi, 53-444 Litér. MÉM Országos Földügyi és Térképészeti Hivatal. Budapest.
- Magyarország agrotopográfiai térképsorozata, M = 1:100 000, 1979. MÉM Országos Földügyi és Térképészeti Hivatal. Budapest.
- MÁRKUS B. (Szerk.), 1994a. Bevezetés a térinformatikába. NCGIA Core Curriculum. Erdészeti és Faipari Egyetem Földmérési és Földrendezési Kar. Székesfehérvár.
- MÁRKUS B. (Szerk.), 1994b. Térinformatikai alapismeretek. NCGIA Core Curriculum. Erdészeti és Faipari Egyetem Földmérési és Földrendezési Kar. Székesfehérvár.
- STEFANOVITS P., 1981. Talajtan. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- STEFANOVITS P., 1988. Az agyagásvány-összetétel szerepe a talajok savasodásában. *Agrokémia és Talajtan*. 38. 145-153.
- SZABOLCS, I., 1992. Concept of soil resilience. In: Soil Resilience and Sustainable Land Use. (Eds.: GREENLAND, D. & SZABOLCS, I.) 33-40. CAB International. Oxon.
- SZABOLCS, I., 1994. The resilience of soils. *Agrokémia és Talajtan*. 42. 29-36.
- TAMÁS J., 1995. A környezeti pufferkapacitás változása szennyvíziszapokkal terhelt talajokon. *Agrokémia és Talajtan*. 44. 403-408.
- TEÖREÖK L., 1941a. Talajtérkép, 5160/3 Veszprém. M = 1:25 000. Talajtani Kutatóintézet. Budapest.
- TEÖREÖK L., 1941b. Talajfelvételi jegyzőkönyv. 5160/3 Veszprém. M = 1:25 000. Talajtani Kutatóintézet. Budapest.
- Understanding GIS, 1990. The ARC/INFO Method. - Environmental Systems Research Institute, Inc. Redlands, CA. USA.
- US EPA, 1983. Process Design Manual for Land Application of Municipal Sludge. EPA-625/1-83-016. US Government Printing Office. Washington, D. C.
- VÁRALLYAY, G. et al., 1993. Map of the susceptibility of soils to acidification in Hungary. *Agrokémia és Talajtan*. 43. 35-42.
- VÁRALLYAY, G. et al., 1994. Soil management and environmental relationships in Central and Eastern Europe. *Agrokémia és Talajtan*. 42. 41-56.
- WOLFBauer, J. et al., 1993a. Bewertung geogener Naturraumpotentiale in Oberösterreich. GIS-gestützte Nutzwertanalyse. Institut für Technische Ökosystemanalyse. Montanuniversität Leoben.
- WOLFBauer, J. et al., 1993b. Oberösterreichische Naturraumkartierung. Weiterentwicklung und Prüfung theoretisch methodische Ansätze zur Ermittlung der Region des Entsorgungspotentials. Institut für Technische Ökosystemanalyse. Montanuniversität Leoben.

*Érkezett: 1996. szeptember 30.*

## Application of Geoinformation Systems in the Use of Sewage Sludge in the Neighbourhood of Balatonfüzfő

L. FÜLE

Department of Environmental and Chemical Technology, University of Veszprém (Hungary)

### Summary

An evaluation was carried out in the neighbourhood of Balatonfüzfő to demonstrate the use of a geoinformation system in studies on where sewage sludge could be applied. An evaluation system was elaborated to estimate general soil characteristics which inhibit the mobilization of heavy metals.

The overlapping operations of the geoinformation system resulted in the delineation of areas of arable land which were suitable for the application of sewage sludge after laboratory checks.

*Table 1.* Evaluation of soil properties determining the sensitivity of soil to heavy metals (WOLFBauer et al., 1993). (1) Parameter. (2) Evaluation. *pH*. 0: strongly acidic, acidic; 1: weakly acidic; 2: neutral, alkaline, strongly alkaline. *b) Soil texture to 50 cm depth*. 0: sand, loamy sand, light clayey sand, sandy loam, loam; 1: clayey sand, light sandy clay, light clayey loam; 2: heavy sandy clay, light clay, heavy clay. *c) Organic matter content to 30 cm depth*. 0: weakly humous; 1: moderately humous; 2: strongly humous. *c) Water permeability*. On dry areas: 0: extremely high; 1: high; 2: medium, low. On wet areas: 0: extremely high, high; 1: medium; 2: low, very low. *d) Groundwater depth*. 0: within the profile; 1: below the profile; 2: at greater depth. *e) Slope angle*. 0: steep; 1: fairly steep; 2: flat or slightly sloping. *f) Danger of erosion*. 0: great danger; 1: moderate danger; 2: no danger. *g) Water conditions*. 0: extreme, taking various forms; 1: moderately wet, well supplied with groundwater, variable but mostly dry, moderately variable, variable, dry, very dry; 2: well-supplied, moderately dry (without groundwater). *h) Amelioration*. 0: partially drained; 1: not drained. 2: -. *i) borderline = 0.5 pts, j) partially = 0.5 pts; k) maximum = 17 pts.*

*Table 2.* Soil sensitivity categories based on the Austrian system. (1) Parameter. *a) Thickness, b) thickness of the humous layer, c) organic matter content of the humus layer, d) soil texture, e) water permeability, f) depth of groundwater, g) steepness of slope.* (2) Evaluation. *h) Weakly humous, i) moderately humous, j) strongly humous, k) coarse-grained loam, l) loam, m) clayey loam, clay, n) highly permeable, o) moderately permeable, p) slightly permeable, r) within the profile, s) below the profile, t) at greater depth, u) steep, v) fairly steep, x) flat or slightly sloping, y) borderline = 0.5 pts, z) maximum points = 16.*

*Fig. 1.* Soil map (neighbourhood of Balatonfüzfő). *a) Stony, rocky skeleton soil, b) rendzina, c) Ramann's brown forest soil, d) pseudomycelial chernozem, e) meadow soil, f) alluvial meadow soil, g) marshy meadow soil, h) humous alluvial soil, i) boundary of built-up area, j) road network, k) railway, l) water courses.*

*Fig. 2.* Soil sensitivity to heavy metals (neighbourhood of Balatonfüzfő). *a) Sensitive - based on a single extreme parameter, b) sensitive - based on a number of criteria, c) moderately sensitive, d) slightly sensitive, e)-f): See i)-l) of Fig. 1.*

*Fig. 3.* Results of studies on sewage sludge application. *a) Built-up area, b) moderately sensitive soil, c) slightly sensitive soil, d) ploughed area, grassland, e) protective zone, f) road network, g) railway, h) water courses, i) contour lines.*